

# Condiciones del metamorfismo de un macizo granulítico en el área de Talavera de la Reina (extremo sur del Sistema Central Español)

## *Metamorphic conditions of a granulite terrane near Talavera de la Reina (southern border of the Spanish Central System)*

C. Villaseca<sup>1</sup>, C. Pérez-Soba<sup>1</sup>, J.A. López-García<sup>2</sup> y D. Orejana<sup>1</sup>

1 Dpto. Petrología y Geoquímica, Facultad de Ciencias Geológicas, UCM 28040 Madrid. granito@geo.ucm.es; pesoa@geo.ucm.es; orejana@geo.ucm.es.

2 Dpto. Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias Geológicas, UCM 28040 Madrid. jangel@geo.ucm.es

**Resumen:** Se estudia un pequeño macizo granulítico formado por paragneises metapelíticos variablemente migmatizados. Las metapelitas pueden presentar ortopiroxeno, mineral granulítico que aparece por primera vez en las series metamórficas aflorantes del Sistema Central Español. Las condiciones estimadas de cristalización varían entre  $770 \pm 10$  °C y  $4 \pm 0.3$  kbar (M1), hasta condiciones retrógradas de  $650 \pm 25$  °C y  $2.6 \pm 0.2$  kbar (M2). La pauta descrita implica un marcado enfriamiento según se exhuman los materiales.

**Palabras clave:** pautas P-T, química mineral, metasedimentos, granulitas peraluminicas, Hercínico Ibérico.

**Abstract:** The studied granulite terrane is composed by metapelitic paragneisses variably migmatized. This is the first description of orthopyroxene-bearing metapelitic rocks in outcropping metamorphic series of the Spanish Central System. Metamorphic conditions are estimated to vary between  $770 \pm 10$  °C and  $4 \pm 0.3$  kbar (M1) and  $650 \pm 25$  °C and  $2.6 \pm 0.2$  kbar (M2). The defined P-T path shows a marked cooling during exhumation.

**Key words:** P-T path, mineral chemistry, metasedimentary peraluminous granulites, Iberian Hercynian Belt.

## INTRODUCCIÓN

El conjunto metamórfico de La Portiña, que aflora en la parte más meridional del Sistema Central Español (SCE), próximo al borde con la Cuenca del Tajo, ha sido hasta ahora poco estudiado. En las escasas descripciones previas (Martín Parra *et al.*, in litt.) se menciona que el pico térmico Hercínico que afectó a estas litologías debió de tener lugar en la parte de alta temperatura de la facies de anfibolitas, sin haberse alcanzado la facies de granulitas, ni superado valores intermedios de presión. Sin embargo, en este estudio se describe un metamorfismo en facies de granulita para el conjunto de paragneises que afloran en los alrededores del embalse de La Portiña, próximo a Talavera de la Reina (Toledo) (Fig. 1). Se presentan variablemente migmatizados, con ortopiroxeno en equilibrio con cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita, cordierita, silimanita y espinela. La aparición de ortopiroxeno (paragénesis claramente de facies granulita) modifica las condiciones metamórficas previamente establecidas, lo que sumado a la pobreza de afloramientos en el SCE de rocas peraluminicas con ortopiroxeno estable, hace interesante el estudio de sus condiciones de recrystalización.

## SITUACIÓN GEOLÓGICA

Los niveles metasedimentarios de grado alto metamórfico estudiados afloran en los alrededores del embalse de La Portiña, al norte de Talavera de la Reina (Toledo) (Fig. 1). Aparecen en dos sectores desconectados, en parte por estar intruidos por diversos tipos de granitoides. Los granitoides más antiguos son un conjunto heterogéneo de tipos deformados que varían de leucogranitos de aspecto nodular a monzogranitos de grano medio ligeramente porfídicos, definidos como granitoides sincinemáticos Hercínicos en la memoria MAGNA de la Hoja 602 (Martín Parra *et al.*, in litt.). Este conjunto plutónico aparece al sur del embalse, en contacto con los metasedimentos granulíticos mediante una banda de cizalla de dirección N155-160, 82°W, generalmente de carácter dextral. Muy próximo al contacto aparece un macizo de gabronoritas olivínicas sin deformación aparente (Fig. 1), que no parece estar en contacto con los materiales metasedimentarios. De edad posterior es el macizo de granitos biotíticos porfídicos, de grano fino y fenocristales dispersos, que aparece ocupando el sector occidental estudiado. Es un granito de fábrica isótropa.

Las rocas metamórficas son paragneises que aparecen afectadas al menos por dos etapas deformativas pues la foliación y bandeo dominantes

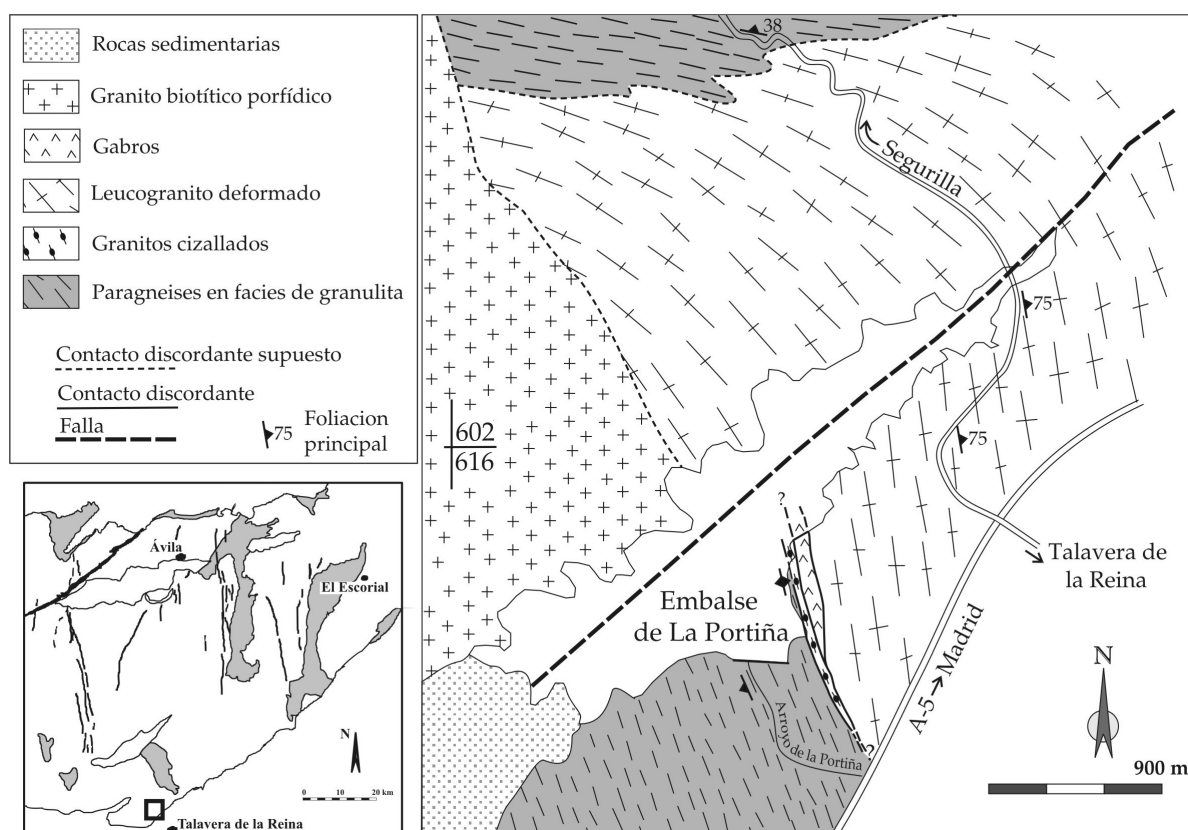


FIGURA 1. Mapa geológico del terreno granulítico de los alrededores de Talavera de la Reina. Se incluye esquema general del Sistema Central Español (SCE) con la situación del sector estudiado. Cartografía modificada de Martín Parra et al. (in litt.).

(D2) aparecen plegadas según dirección N115 38°E generándose una lineación axial 236/30 (probablemente D3). De manera variable hay un bandeo migmatítico en el que no se aprecian ribetes oscuros (melanosomas) entre las véculas de leucosoma y el mesosoma o roca dominante. El bandeo migmatítico y la dureza del paragneis indican condiciones de recrystalización de grado alto metamórfico.

### CARACTERIZACIÓN MINERAL

Los paragneises presentan diversas paragénesis, siempre con cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico como minerales principales:

- biotita-cordierita-silimanita-granate,
- biotita-cordierita-silimanita-espinela-corindón, y
- biotita-cordierita-silimanita-espinela-ortopiroxeno.

Los minerales típicamente accesorios suelen ser apatito, ilmenita, rutilo, turmalina, pirrotina, pentlandita, circón, monacita y xenotima. Como minerales secundarios pueden aparecer clorita, pinnita y alguna mica blanca. La ausencia de moscovita primaria indica condiciones metamórficas de alto grado.

En algunos paragneises la cordierita puede llegar a suponer más del 50% en volumen de la roca. La cordierita presenta numerosas inclusiones de biotita, rutilo y otros accesorios. La mayor parte de la

silimanita y la espinela aparecen como inclusiones en ella. Cuando hay algo de corindón accesorio también aparece incluido en cordierita y rodeado por la espinela. Estas granulitas tan ricas en cordierita son las más pobres en feldespato potásico y tienen una composición fuertemente restítica, involucrando su origen a procesos de fusión parcial o migmatización.

El escaso granate es alotrioblástico y, salvo excepciones, también aparece residualmente incluido en cordierita. No es fácil establecer una evolución temporal de fases minerales, aunque granate-rutilo-silimanita parecen texturalmente previos a la cordierita, espinela y ortopiroxeno.

La plagioclasa es de composición oligoclasa ( $An_{28}$  a  $An_{13}$ ), poco zonada (aunque hay bordes ocasionales albíticos) y ligeramente rica en  $P_2O_5$  (0.14 a 0.25%), típico en gneises peraluminicos de alto grado del sector (e.g. Villaseca y Ubanell, 2005). La granulita con ortopiroxeno presenta una plagioclasa algo más cálcica que el resto de paragneises:  $An_{47}$  a  $An_{31}$ . El feldespato potásico es algo más rico en  $P_2O_5$  (0.16 a 0.29%) que la plagioclasa.

La composición de la biotita varía con la roca, siendo más titanada en la variedad con ortopiroxeno (hasta 4.7%  $TiO_2$ ) (muestra 107041, Fig. 2) y presentando los valores más bajos en los paragneises del sector norte (normalmente con 2.4%  $TiO_2$ ). Biotitas tan titanadas y pobres en  $Al_2O_3$  sólo están descritas en el complejo anatético de Toledo (Barbero, 1995). El

rango general de composición de biotitas es semejante al descrito en gneises peralumínicos de las áreas de alto grado de la Sierra de Guadarrama (Villaseca, 1983; Villaseca y Ubanell, 2005).

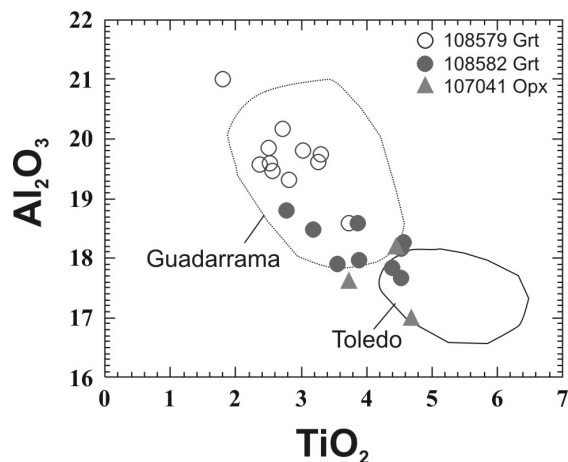


FIGURA 2. Porcentajes de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{TiO}_2$  de las biotitas del macizo de La Portiña. Los datos de biotitas de gneises de alto grado de Guadarrama y Toledo están tomados de Villaseca y Ubanell (2005).

El granate es de la serie almandino-piropo y su composición en espesartina varía según la litología, llegando a contenidos molares de 25% en las bandas del sector norte. Sólo en una muestra del sector sur han aparecido granates con zonados complejos (muestra 108582, Fig. 3), con centros de  $\text{Alm}_{71}\text{Pir}_{24}\text{Esp}_3\text{Gros}_2$  que evolucionan a bordes de  $\text{Alm}_{78}\text{Pir}_{15}\text{Esp}_5\text{Gros}_2$ . El cristal de granate con el núcleo mejor conservado está rodeado por grandes cristales de cuarzo, con los que no ha reaccionado.

La espinela es una hercinita rica en ZnO con contenidos de hasta un 20% de molécula de gahnita, mayor que en otras espinelas de granulitas pelíticas del sector (13%) (Barbero, 1995).

El escaso ortopiroxeno es  $\text{En}_{40-43}\text{Fs}_{60-57}$ , siendo más férrico y relativamente pobre en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (3.6 a 6.0%) y CaO (0.04 a 0.15%) comparado con los ortopiroxenos de las granulitas peralumínicas de xenolitos de la corteza profunda (Villaseca *et al.*, 2007). Son los primeros análisis de ortopiroxeno en granulitas pelíticas de terrenos metamórficos aflorantes del Sistema Central Español.

## CONDICIONES METAMÓRFICAS

En granulitas peralumínicas el uso combinado del geotermómetro biotita-granate y el geobarómetro granate-plagioclasa-silicato aluminico-cuarzo (GASP) permite estimar las condiciones  $P$ - $T$  del metamorfismo sufrido. Aunque existen diversos geotermómetros con el par mineral mencionado, las calibraciones de Perchuk y Lavrenteva (1981) realizadas con biotitas peralumínicas naturales son las más utilizadas en rocas de alto grado. Además se han comprobado con el programa GB-GASP de Holdaway (2001) las mejores

intersecciones del GASP con el termómetro granate-biotita. En la Tabla I se exponen los resultados.

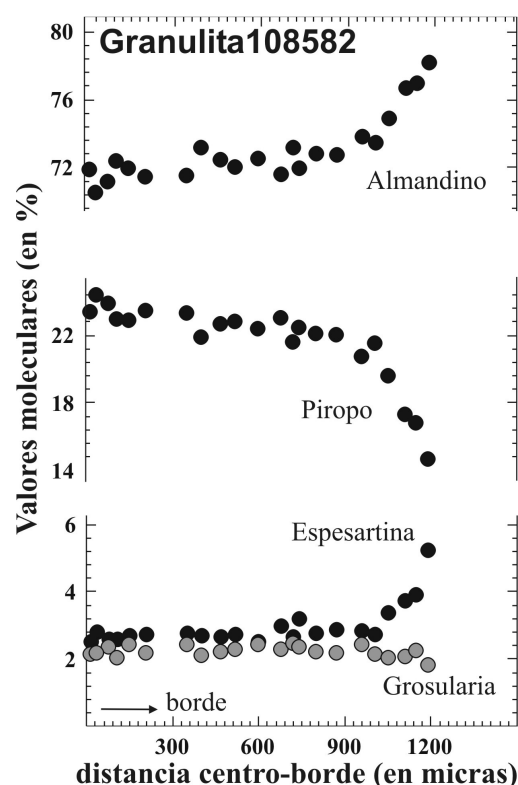


FIGURA 3. Perfil composicional centro - borde de granate, de la muestra 108582.

Para las condiciones del metamorfismo de mayor presión (M1) se han utilizado composiciones de núcleo de granate con datos de biotita y plagioclasa de la matriz. Para las condiciones de menor presión (M2) se han utilizado composiciones de borde del granate. Los resultados obtenidos indican una evolución de condiciones de 770-780°C de temperatura y de 4-4.2 kbar de presión durante el pico metamórfico, y de 660-670°C y 2.3-2.7 kbar en la etapa decompresiva posterior (Tabla I). Estos valores  $P$ - $T$  post-pico se obtienen también en la muestra de granulita pelítica del sector norte con escaso granate alotrioblástico, carente de núcleos relictos (640°C y 2.8 kbar) (muestra 108579).

Muestra	Temperatura (°C)		Presión (kbar)	
	Grt-Bt		GASP	
	M1	M2	PL83	M1 M2
108582	767	677	777 (M1)	4.2 2.5
108579		608	642 (M2)	2.8

PL83 es el geotermómetro de Perchuk y Lavrenteva (1983)

TABLA I. Estimaciones geotermobarométricas.

Estas estimaciones metamórficas permitirían la aparición de ortopiroxeno en paragénesis pelíticas pues para condiciones de 4 a 2 kbar la reacción  $\text{Bt} + \text{Qtz} + \text{Grt} = \text{Opx} + \text{Crld} + \text{Kfs} + \text{L}$  ocurre entre 780 y 720°C,

respectivamente, en el sistema NaKFMASH (Spear *et al.*, 1999; Johnson *et al.*, 2001).

La pauta  $P$ - $T$  estimada sería intermedia entre las definidas para el complejo anatécico de Toledo (Barbero, 1995) y las áreas de alto grado de la Sierra de Guadarrama (Barbero y Villaseca, 2000) (Fig. 4). Por otra parte, estas condiciones granulíticas serían las más altas de las conocidas en las series metamórficas aflorantes del SCE. Además, esta pauta descrita presenta una mayor pérdida de temperatura con la decompresión que la pauta más completa, descrita en la Sierra de Guadarrama (ver figura 4). Estos resultados preliminares requieren estudios futuros, más detallados, que permitan precisar mejor las características del metamorfismo granulítico sufrido por este conjunto metasedimentario.

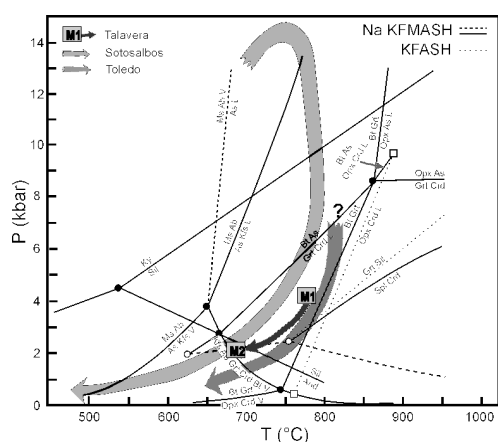


FIGURA 4. Pauta  $P$ - $T$  estimada para el terreno granulítico de Talavera y comparación con las pautas de Sotosalbos (Guadarrama) (Barbero y Villaseca, 2000; Villaseca y Ubanell, 2005) y el complejo anatécico de Toledo (Barbero, 1995). Parrilla petrogenética según Spear *et al.* (1999).

## AGRADECIMIENTOS

El estudio se incluye dentro de los objetivos del proyecto CGL2004-02515, que ha financiado los diversos gastos necesarios para su consecución. Agradecemos a Alfredo Larios (CAI de Microscopía Electrónica, UCM, Madrid) la ayuda prestada en la obtención de los datos de microsonda electrónica.

## REFERENCIAS

- Barbero, L. (1995): Granulite facies metamorphism in the Anatectic Complex of Toledo (Spain): Late Hercynian tectonic evolution by crustal extension. *Journal of the Geological Society of London*, 152: 365-382.
- Barbero, L. y Villaseca, C. (2000): Eclogite facies relics in metabasites from the Sierra de Guadarrama (Spanish Central System):  $P$ - $T$  estimations and implications for the Hercynian evolution. *Mineralogical Magazine*, 64: 815-836.
- Holdaway, M.J. (2001): Recalibration of the GASP geobarometer in light of recent garnet and plagioclase activity models and versions of the garnet-biotite geothermometer. *American Mineralogist*, 86: 1117-1129.
- Johnson, T.E., Hudson, N.F.C. y Droop, T.R. (2001): Partial melting in the Inzie Head gneisses: the role of water and a petrogenetic grid in KFMASH applicable to anatectic pelitic migmatites. *Journal of metamorphic Geology*, 19: 99-118.
- Martín Parra, L.M., Martínez Salanova, J., Marqués Calvo, L.A., Contreras, E., Iglesias, A. y Martín Herrero, D. (inédito) *Memoria Hoja 602 (Navamorcunde) MAGNA 1:50.000*. IGME, 84 p.
- Perchuk, L.L. y Lavrenteva, I.V. (1983): Experimental investigations of exchange equilibria in the system cordierite-biotite-garnet. En: *Kinetics and equilibrium in mineral reactions* (S.K. Saxena, Ed.). Advances in Physical Geochemistry, Springer, New York, 199-239.
- Spear, F.S., Kohn, M.J. y Cheney, J.T. (1999):  $P$ - $T$  paths from anatectic pelites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 134: 17-32.
- Villaseca, C. (1983): *Evolución metamórfica del sector centro-septentrional de la Sierra de Guadarrama*. Tesis doctoral, Univ. Complutense de Madrid, nº 216/84, 331 p.
- Villaseca, C. y Ubanell, A.G. (2005): El macizo metagranítico de La Cebollera (Pico de las Tres Provincias, Somosierra, Sistema Central Español): nuevos datos sobre el metamorfismo Hercínico del sector de Somosierra. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 18: 115-131.
- Villaseca, C., Orejana, D., Paterson, B.A., Billström, K. y Pérez-Soba, C. (2007): Metaluminous pyroxene-bearing granulite xenoliths from the lower continental crust in central Spain: their role in the genesis of Hercynian I-type granites. *European Journal of Mineralogy*, 19: 463-477.